

University of Groningen

## Computer based instructional support during physics problem solving

Pol, Hendrik

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2009

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Pol, H. (2009). *Computer based instructional support during physics problem solving: a case for student control*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

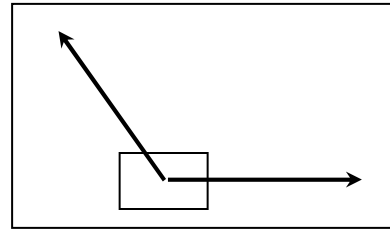
Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## Appendix A: Knowledge pre-test, to test declarative and procedural knowledge

(Bron opgave 18, 19, 20: Mazur, 1997)

### Opgave 1

Paul fietst naar school. Zijn snelheid verandert niet. Noem drie krachten die op de fiets werken.



### Opgave 2

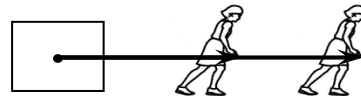
Een regeldruppel valt naar beneden. Welke kracht(en) werkt(en) op de regendruppel?

### Opgave 3

Ellen drukt bij fitnessstraining een veer in. Welke kracht werkt of welke krachten werken dan op haar hand?

### Opgave 4

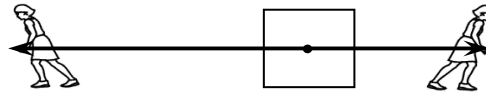
Hiernaast zie je twee pijlen die beide een kracht voorstellen die twee dames uitoefenen op een blok hout. De kleine is 3



Newton, de grote is 5 Newton. Hoe groot is het totaal van de beide krachten?

### Opgave 5

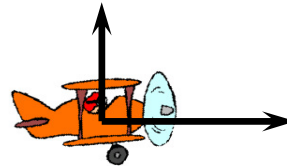
Hiernaast zie je twee pijlen die beide een kracht voorstellen die twee dames uitoefenen op een blok



hout. De kleine is 3 Newton, de grote is 5 Newton. Hoe groot is het totaal van de beide krachten?

### Opgave 6

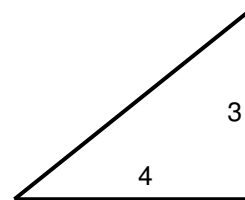
Hiernaast zie je twee krachten die beide werken op een klein vliegtuigje. De kleine is 3 Newton, de grote is 5 Newton. Hoe groot is het totaal van de beide krachten?



### Opgave 7

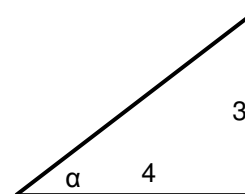
Hiernaast zie je een rechthoekige driehoek. De lange rechte zijde is 4 cm lang. De korte rechte zijde is 3 cm lang.

Hoe lang is de schuine zijde?



### Opgave 8

Hiernaast zie je een rechthoekige driehoek. De lange rechte zijde is 4 cm lang. De korte rechte zijde is 3 cm lang. Hoe groot is hoek  $\alpha$ ?



### Opgave 9

Als een auto versnelt, van welke eigenschappen van de auto hangt deze versnelling dan af?

**Opgave 10**

Een lichte auto en een zware auto trekken met dezelfde motorkracht op. Wat kun je zeggen over de versnelling van de auto's?

**Opgave 11**

Jet hangt haar etui van 75 g aan een krachtmeter.

Hoeveel newton geeft de krachtmeter aan?

**Opgave 12**

Jet hangt de krachtmeter met etui (van 75 g) aan een tweede, identieke krachtmeter. De massa van een krachtmeter is 15 g. Wat geeft de bovenste krachtmeter aan? Maak eerst een tekening.

**Opgave 13**

Obelix draagt een geleende koe terug. De zwaartekracht van de koe is 4000 N. Bereken de massa van de koe.

**Opgave 14**

De nettokracht op de koe is 0 N. Hoe groot is de spierkracht die Obelix levert? Leg uit waarom.

**Opgave 15**

Asterix wil graag een deur open duwen met een duwkracht van 300 N, maar krijgt geen beweging in deze deur. Hoe groot is de kracht waarmee de deur terugduwt? Leg uit waarom.

**Opgave 16**

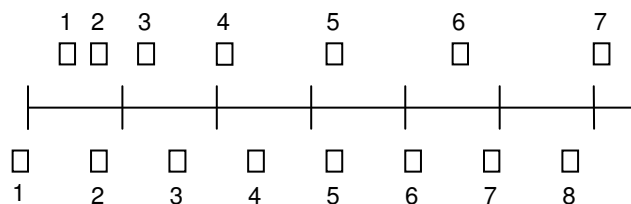
Een ruimteschip vliegt door de ruimte met de motor uit. Planeten en sterren zijn zo ver weg dat het ruimteschip hier niets van merkt. Wat gebeurt er met de snelheid van het ruimteschip en waarom?

**Opgave 17**

Twee metalen ballen hebben dezelfde grootte maar een weegt twee keer zo veel als de ander. De ballen worden tegelijkertijd losgelaten vanaf het dak van een gebouw. Geef aan welke van de ballen het snelst beneden is en waarom.

### Opgave 18

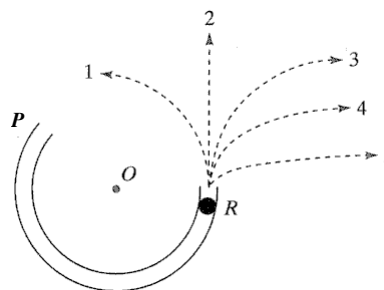
Iedere seconde wordt de positie van twee blokjes gemeten. De posities zijn de genummerde blokjes in het figuur. De blokjes gaan van links naar rechts. Leg uit of de twee blokjes ooit tegelijk dezelfde snelheid hebben, en als ze dat hebben, waar dat dan gebeurt.



### Opgave 19

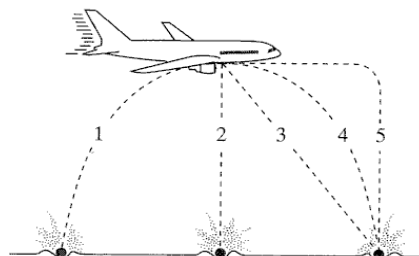
Het plaatje hiernaast laat een wrijvingsloze pijp zien in de vorm van een cirkel met centrum  $O$ . Deze pijp is geplaatst op een wrijvingsloze tafel. Jij kijkt van boven op de tafel. De luchtwrijving kan worden verwaarloosd. Er wordt met hoge snelheid een kogel bij  $P$  in de pijp gestoten.

Welke van de aangegeven banen beschrijft de kogel na het verlaten van de pijp bij  $R$  en waarom?



### Opgave 20

Er valt per ongeluk een bowlingbal uit een transportvliegtuig als deze in een horizontale vlucht overvliegt. Een toeschouwer op de grond ziet dit gebeuren. Op welke van de hieronder getekende manieren ziet de toeschouwer de bowlingbal naar beneden vallen en waarom?

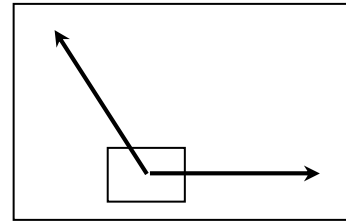


## Appendix B: Knowledge post-test, to test declarative and procedural knowledge

(Source problem 5, 6, 7, 8, 9, 10: Mazur, 1997)

### Opgave 1

In de figuur is een voorwerp getekend waarop twee krachten van beide 6 N groot werken. Construeer de resulterende kracht op het voorwerp en bepaal de grootte van deze resulterende kracht.



### Opgave 2

Stel er worden door constructie twee krachten bij elkaar opgeteld, de één is 5 N groot, de ander 3. De hoek tussen de beide krachten is niet bekend. Wat kun je dan zeggen over de resultante van de beide krachten?

### Opgave 3

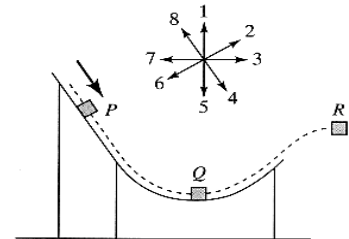
Een parachute hangt in de lucht. De parachute valt recht naar beneden en op dat moment werken een zwaartekracht van 900 N en een wrijvingskracht van 500 N op de parachute. Op hetzelfde moment wordt de parachute gepakt door een windvlaag waardoor er ook nog een zij-windkracht van 300 N gaat werken. Teken het krachtenplaatje van deze situatie en bepaal de resulterende kracht.

### Opgave 4

Is de normaal-kracht op een voorwerp altijd gelijk aan de zwaartekracht op het voorwerp? Leg uit waarom wel/niet of als je dat niet zo kunt zeggen, welke informatie je dan nog nodig hebt.

### Opgave 5

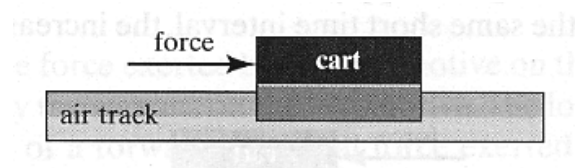
Een voorwerp glijdt zonder wrijving over een glijbaan. Geef met een pijl aan hoe de  $F_{\text{res}}$  in P en in R is gericht en leg uit waarom je deze richtingen kiest.



### Opgave 6

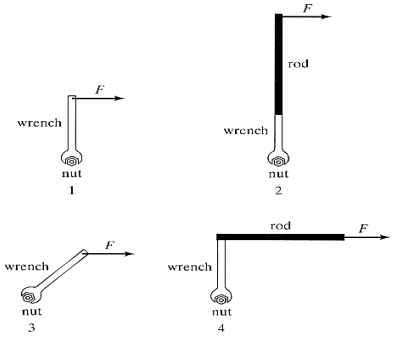
Een constante kracht werkt op een (cart) wagen in rust op een luchtzweefbaan. De wrijving is verwaarloosbaar. Er werkt voor een korte tijd een bepaalde kracht op de wagen.

Hierna doen we het experiment nog een keer, maar met de halve kracht. Geef aan wat er dan met het tijdsinterval moet gebeuren om toch dezelfde snelheid te krijgen en leg uit waarom. (Je kan bijvoorbeeld zeggen, 4 keer zo lang, 2 keer zo lang, even lang, half zo lang of een kwart keer zo lang)



### Opgave 7

Je gebruikt een sleutel om een roestige schroef los te maken. Welke van de nevenstaande situaties is het meest effectief om de schroef los te maken en waarom? Geef de volgorde aan van meest effectief naar minst effectief en leg uit waarom.

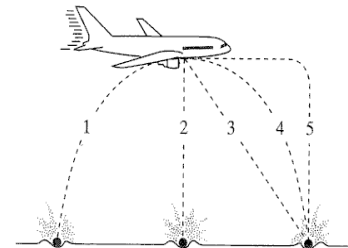


### Opgave 8

Wij hebben de volgende situatie 'Ik probeer een kist over een horizontale vloer te schuiven, maar ik krijg er geen beweging in.' Er is dan een kracht van mij op de kist en er is een kracht die de vloer op de kist uitoefent. Leg uit of de genoemde krachten even groot zijn of dat één van de beide krachten groter is.

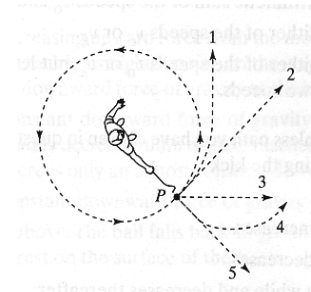
### Opgave 9

Er valt per ongeluk een bowlingbal uit een transportvliegtuig als deze in een horizontale vlucht overvliegt. Een toeschouwer op de grond ziet dit gebeuren. Leg uit op welke van de hiernaast getekende manieren ziet de toeschouwer de bowlingbal naar beneden vallen



### Opgave 10

Een stalen bal is vastgemaakt aan een touw en wordt in een horizontaal vlak rondgedraaid zoals in het plaatje is te zien. Op het punt P breekt het touw vlak bij de stalen bal. Als we van boven naar deze gebeurtenis kijken, leg uit hoe de bal dan na het losbreken verder zal bewegen.

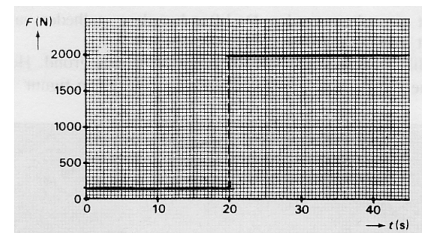


### Opgave 11

Je gooit een bal in de lucht. Op het hoogste punt kun je iets zeggen over de snelheid en de versnelling van de bal. Geef aan wat er op dat moment met de snelheid en de versnelling aan de hand is en leg uit waarom.

### Opgave 12

Stel er is een bepaalde kleinste kracht waarmee je een voorwerp van de aarde kunt optillen. Leg uit hoe groot deze kracht dan is.

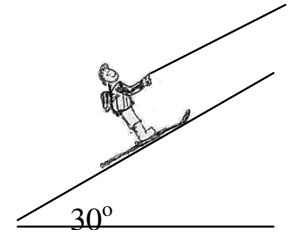


### Opgave 13

Op een lange rechte weg rijdt een auto met constante snelheid. Op een gegeven moment wil de chauffeur sneller gaan rijden en drukt daartoe na  $t = 20$  s het gaspedaal verder in. De kracht die de motor levert is als functie van de tijd weergegeven in de figuur hiernaast. Hoe groot is de wrijvingskracht op de auto? Verklaar je antwoord.

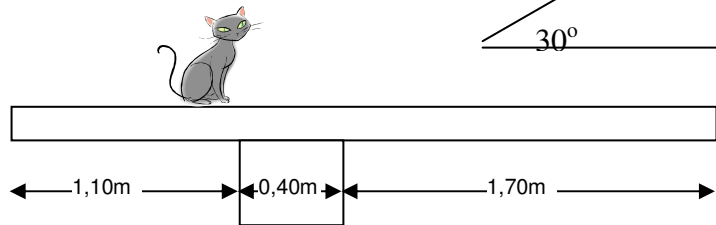
#### Opgave 14

Een skiër met een massa van 80 kg wordt met behulp van een sleeplift met een constante snelheid omhoog getrokken. De hoek van de helling is  $30^\circ$ . De wrijvingskracht bedraagt  $1,2 \cdot 10^2$  N. Bereken de spankracht in de sleepkabel



#### Opgave 15

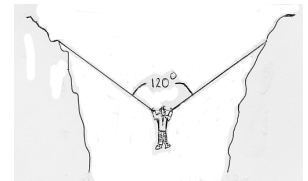
De kat van Meneer Diepstra is in een benauwde situatie verzeild geraakt (zie de figuur). Hij is op een plank gesprongen die bovenop een paaltje ligt. De plank is 3,20 meter lang en heeft een gewicht van 5,0 kg. Verder is de situatie zoals in de figuur. De kat, Micky genaamd, heeft een gewicht van 2,5 kg.



Controleer en motiveer of de plank wel op het paaltje kan liggen zonder dat de kat erop loopt. (tip: gebruik draaipunt, zwaartepunt en evenwicht in je antwoord)

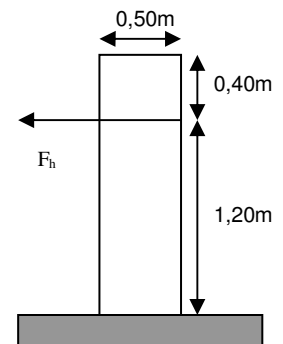
#### Opgave 16

James Bond heeft een gewicht van 800 N en hangt aan een lijntje boven een diepe rivier (zie tekening). Dit lijntje wordt dunner en dunner tot het nog maar 650 N kan hebben. Bepaal of bereken of hij in de rivier valt of het overleeft?



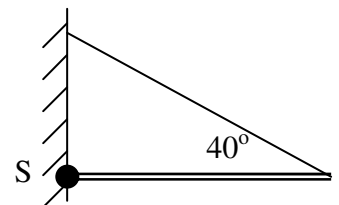
#### Opgave 17

Een homogeen, rechthoekig, betonnen blok (bekroond met de cultuurprijs van de gemeente Amsterdam) staat in het stadspark opgesteld (zie tekening). De massa van het betonnen blok bedraagt  $1,8 \cdot 10^3$  kg. De hoogte bedraagt 1,60 m. Omwonende jongeren hebben met vereende krachten kans gezien het monument omver te duwen. Hiervoor is op 1,20 m hoogte boven de grond, bij punt A, een steeds horizontaal gerichte kracht  $F_h$  uitgeoefend. Zie de figuur. Bereken de minimale aanvangs-waarde van  $F_h$  (Het blok gaat niet glijden)



#### Opgave 18

Een vlaggenmast is met behulp van een touw verbonden aan een muur in een draaibaar punt S. Zie de figuur. De massa van de vlaggenmast bedraagt 12 kg en de lengte is 4,0 m. Het touw maakt een hoek van  $40^\circ$  met de vlaggenmast. Bereken de spankracht in het touw.



#### Opgave 19

Een Ariane 5-raket wordt met een versnelling van  $12 \text{ m/s}^2$  de lucht in geschoten. De massa van deze raket is  $7,1 \cdot 10^5$  kg. Bereken de stuwkracht.

#### Opgave 20

Een lift gaat naar beneden met een vertraging van  $2,0 \text{ m/s}^2$ . In deze lift staat een persoon met een massa van 65 kg op een weegschaal. Bereken de aanwijzing van de weegschaal.

## Appendix C: Problem-solving pre-test, to test strategic knowledge

Test has been shortened. In the real test, students, for every problem, had available one A4 space with the words 'verkennen', 'aanpak' and 'controle and conclusion' written on it, in order to work out the problems.

### Afname van de toets

#### Lees eerst de voorbeeldopgave

Deze toets bevat 5 korte natuurkundeopgaven. Je moet bij elke opdracht drie dingen opschrijven:

- het verkennen van het probleem
- de aanpak van het probleem
- de controle van je uitkomsten en je conclusie

We geven een voorbeeld:

*Laura heeft begin 1991 een boom geplant. Zij heeft gelezen dat de boom in de eerste 10 jaar gemiddeld 21 cm per jaar groeit. Voorjaar 1999 is de boom 424 cm hoog.*

*Hoe hoog was de boom toen Laura hem plantte?*

**Verkennen:** de situatie en de vraag samenvatten in woorden of in een schema (*max. 2 punten*)

Bijvoorbeeld:

In 1991: ..... cm                      In 1998:                      424 cm, met 21 cm groei per jaar.

Hoeveel cm gegroeid en hoeveel cm eerst?

**Aanpak:** laat zien hoe je de opdracht oplost (*max. 6 punten*). Bijvoorbeeld:

Groei  $21 \text{ cm} \times (1999 - 1991) = 21 \times 8 = 168 \text{ cm}$

Lengte in 1991 is:  $424 \text{ cm} - 168 \text{ cm} = 256 \text{ cm}$

**Controle en conclusie:** controleer de uitkomst en geef antwoord op de vraag (*max. 2 punten*).

Bijvoorbeeld:

De boom was ongeveer 420 cm en hij is in acht jaar ongeveer  $8 \times 20 \text{ cm}$  gegroeid. Dus was de boom ongeveer 260 cm.

*Conclusie:* de boom was begin 1999 waarschijnlijk 256 cm.

Duur van de toets: 1 lesuur. Er volgen nu 6 opdrachten.

#### Opgave 1 Patrouillevliegtuig

Een politievliegtuigje patrouilleert boven het Caribische gebied om drugsmokkelaars op te sporen. Bij windstil weer haalt het patrouillevliegtuigje een snelheid van 300 km/uur. Bij een volle tank kan het vliegtuigje vier uur vliegen. Op een dag gaat een patrouille de lucht in op weg naar een groepje eilanden. Op de heenweg heeft het vliegtuigje een tegenwind van 50 km/uur. Er is die hele dag een constante wind uit dezelfde richting.

Vraag: Hoeveel kilometer kan het vliegtuig op de heenweg maximaal vliegen om nog veilig terug te kunnen keren? (geen decimalen)



### **Opgave 2 Overstekende hond**

Een snorfiets ziet 10 m voor zich plotseling een hond de weg oversteken. De reactietijd van de snorfiets bedraagt 0,60 sec. De snorfiets heeft een snelheid van 25 km/h.

Vraag: Met welke vertraging moet de snorfietser remmen om de hond niet aan te rijden? (in  $\text{m/s}^2$ )

### **Opgave 3a Stuiterballetje**

Een stuiterballetje wordt van 120 cm boven de vloer van het gymnastieklokaal losgelaten. Elke keer dat het balletje stuit komt het  $4/10$  lager dan de keer er voor.

Vraag: Na hoeveel keer stuiten ligt het balletje vrijwel stil en komt het minder dan 1 mm omhoog?

### **Opgave 3b Stuiterballetje**

Op basis van de gegevens van de vorige opgaven komen we tot de volgende stelling: 'Het balletje komt nooit helemaal stil te liggen'.

Vraag: Klopt deze stelling volgens jou? (antwoord: ja of nee)

### **Opgave 4 Ontmoetende treinen**

Twee treinen rijden op het traject tussen Amsterdam en Parijs. Ze hadden om 7.30 uur 's ochtends tegelijk moeten vertrekken, de één uit Parijs en de ander uit Amsterdam. De trein uit Parijs bestaat uit 4 wagons en de trein uit Amsterdam uit 3. Omdat de NS weer eens problemen had met de bovenleiding, vertrok de trein uit Amsterdam pas om 8.30 uur. De trein uit Parijs vertrok wel op tijd. De afstand tussen beide steden is hemelsbreed 475 km, maar over het spoor 523 km. De Parijse trein haalt een gemiddelde snelheid van 150 km/uur. Die uit Amsterdam haalt door een erg slaperige machinist maar een gemiddelde snelheid van 120 km/uur.

Vraag: Hoe laat komen de twee treinen elkaar tegen?

### **Opgave 5**

Jim en Anna houden een wedstrijd met hun zeilboten. Na het startsein vaart Jim als eerste over de startlijn. Anna ligt er niet zo handig voor en vaart pas drie minuten na Jim over de start. Anna's boot is wel sneller dan die van Jim, zij vaart 23 km/uur, terwijl Jim maar 19 km/uur haalt.

Vraag: Na hoeveel minuten heeft Anna Jim ingehaald?

## Appendix D: Problem-solving post-test, to test strategic knowledge

Test has been shortened. In the real test, students, for every problem, had available one A4 space with the words 'verkennen', 'aanpak' and 'controle and conclusion' written on it, in order to work out the problems.

### Afname van de toets

#### Lees eerst de voorbeeldopgave

Deze toets bevat 4 korte natuurkundeopgaven. Je moet bij elke opdracht drie dingen opschrijven:

- het verkennen van het probleem
- de aanpak van het probleem
- de controle van je uitkomsten en je conclusie

We geven een voorbeeld:

*Laura heeft begin 1991 een boom geplant. Zij heeft gelezen dat de boom in de eerste 10 jaar gemiddeld 21 cm per jaar groeit. Voorjaar 1999 is de boom 424 cm hoog.*

*Hoe hoog was de boom toen Laura hem plantte?*

**Verkennen:** de situatie en de vraag samenvatten in woorden of in een schema (*max. 2 punten*)

Bijvoorbeeld:

In 1991: ..... cm

In 1998: 424 cm, met 21 cm groei per jaar.

Hoeveel cm gegroeid en hoeveel cm eerst?

**Aanpak:** laat zien hoe je de opdracht oplost (*max. 6 punten*). Bijvoorbeeld:

Groei  $21 \text{ cm} \times (1999 - 1991) = 21 \times 8 = 168 \text{ cm}$

Lengte in 1991 is:  $424 \text{ cm} - 168 \text{ cm} = 256 \text{ cm}$

**Controle en conclusie:** controleer de uitkomst en geef antwoord op de vraag (*max. 2 punten*).

Bijvoorbeeld:

De boom was ongeveer 420 cm en hij is in acht jaar ongeveer  $8 \times 20 \text{ cm}$  gegroeid. Dus was de boom ongeveer 260 cm.

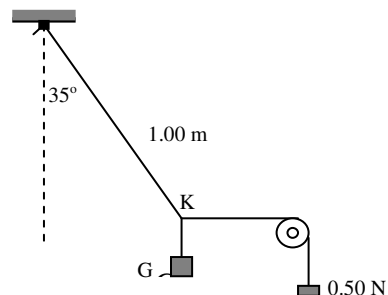
*Conclusie:* de boom was begin 1999 waarschijnlijk 256 cm.

Duur van de toets: 1 lesuur. Er volgen nu 5 opdrachten.

#### Opgave 1 Gewichten aan een touwtje

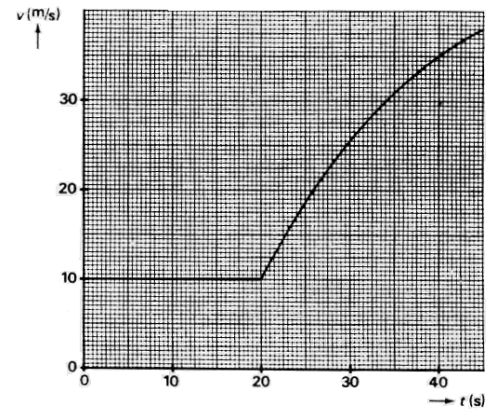
Een gewicht G hangt aan een touw van 1,00 m. We trekken het opzij met een gewicht van 0,50 N. De uitwijkingshoek wordt  $35^\circ$ .

Vraag: Bereken hoeveel G weegt.



### Opgave 2 Gas op de plank

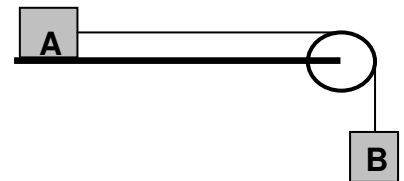
Op een lange rechte weg rijdt een auto met constante snelheid. Op een gegeven moment wil de chauffeur sneller gaan rijden en drukt daartoe het gaspedaal verder in. De kracht die de motor levert is als functie van de tijd weergegeven in de eerste figuur. De massa van de auto met chauffeur is  $1,0 \cdot 10^3$  kg. De snelheid van de auto is als functie van de tijd weergegeven in de tweede figuur.



Vraag: Bepaal de totale wrijvingskracht die de auto ondervindt op tijdstip  $t = 30$  s.

### Opgave 3 Koord met een katrol

Een katrol draait zonder wrijving. Tussen A en B is een soepel koord gespannen. De massa van A is 3,0 kg en de massa van B is 2,0 kg. A ondervindt op het horizontale vlak een maximale wrijvingskracht van 2,0 N.



Vraag: Bereken de spankracht in het koord als A wordt losgelaten.

### Opgave 4 Waterdrager

Een waterdrager heeft aan beide uiteinden van een homogene plank AB een emmer water hangen. De massa van de ene emmer water is 40 kg, de massa van de ander 60 kg. De massa van de plank is 20 kg en de lengte bedraagt 6,0 m. In een punt S ergens tussen A en B wordt de plank door de man ondersteund, zodanig dat deze in evenwicht blijft.

Vraag: Bereken de plaats S op de plank AB.

### Opgave 5 Katrol

Een katrol van 3,0 kg hangt aan het plafond (zie tekening) en kan zonder wrijving draaien. A en B hangen aan een touw. De massa van A is 3,5 kg en de massa van B is 1,5 kg. We laten B los.

Vraag: Bereken met welke versnelling A gaat bewegen.

